

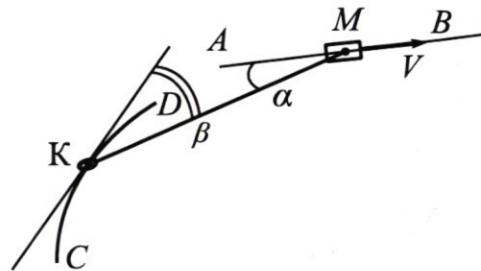
Олимпиада «Физтех» по физике, 6

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



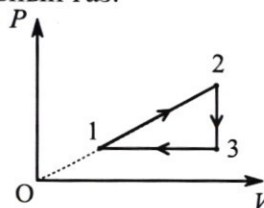
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной

обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

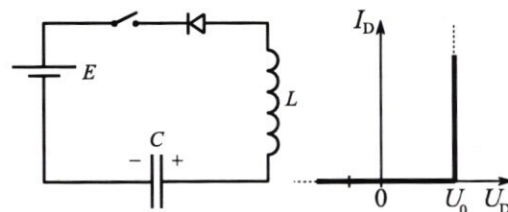
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

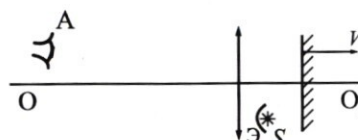


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $\gamma = 3$

1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$
2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$
3) $\eta_{\max} - ?$

процесс 1-2 - прямая при-
горизонтальность, $p = p_1$
2-3 - изохора
3-1 - адиабата

$pV = \nu RT$

$\Delta V_2^2 = \nu RT_2$
 $\Delta V_1 V_2 = \nu RT_3$
 $\Delta V_1^2 = \nu RT_1$

$C_{23} = \frac{5}{2} R = \frac{3}{2} R$

3-1 - изобара $Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) + A_{31} A_{31} = -\Delta V_1 (V_2 - V_1)$

3) $Q_{31} = -\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1) - \nu R (T_3 - T_1) = -\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1)$

4) $Q_{31} = C_{31} \nu (T_1 - T_3)$ (3) = (4) $-C_{31} \nu (T_3 - T_1) = -\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1)$

$C_{31} = \frac{5R}{2}$ $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3R}{5R} = 0.6$

1-2 $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{2} (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{3}{2} (\Delta V_2^2 - \Delta V_1^2) + \frac{\Delta V_2}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \frac{3}{2} \Delta V_2^2 - \frac{\Delta V_1}{2} (V_2^2 - V_1^2)$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \Delta V_2^2 - \Delta V_1 (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\Delta V_2}{2} (V_2^2 - V_1^2)} = 4$ $\eta = \frac{A}{Q_H}$ $Q_{23}, Q_{31} < 0$
 $Q_H = Q_{12}$

$$A = A_{12} + A_{31} = \frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2) - \alpha V_1(V_2 - V_1) = \alpha(V_2 - V_1)\left(\frac{V_1 + V_2}{2} - V_1\right) = \frac{\alpha(V_2 - V_1)^2}{2}$$
~~$$\eta = \frac{2\alpha(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{2\alpha(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}$$~~

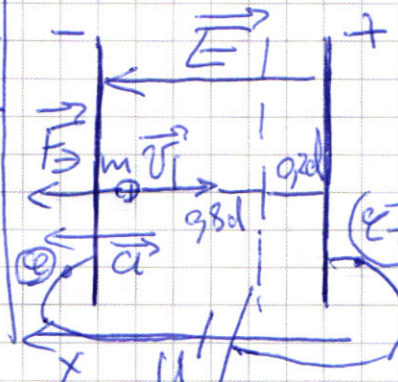
$$\eta = \frac{\alpha(V_2 - V_1)^2}{2} \cdot \frac{1}{2\alpha(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 + V_1 - 2V_1}{4(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{V_1}{2(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2\left(\frac{V_2}{V_1} + 1\right)}$$

$\alpha V_1 V_2 > 0$ предельно $\frac{1}{2\left(\frac{V_2}{V_1} + 1\right)} = 0$ и $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$ 2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$ 3) $\eta_{\max} = 25\%$.

Дано: v_1 и $\frac{q}{m} = \gamma$ $v \ll c$

1) T — ?
2) U — ?
3) v_0 — ?



Из-н 2-го закона: $m\vec{a} = \vec{F}$
Ох: $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \gamma E$
 $E = \frac{U}{d}$ $a = \gamma \frac{U}{d}$
 $0,8d = \frac{v_1 T}{2}$ $T = \frac{4,6d}{v_1}$
 $v_1 = aT$ $a = \frac{v_1^2}{1,6d} = \gamma \frac{U}{d}$ $U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$

~~Потенциал — работа поле по перемещению заряда из бесконечности в данную точку.~~

На бесконечности энергия взаимодействия конденсатора и частицы равна нулю.

$$ЗСЭ: \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + qU$$

$$= \frac{1}{4}v_1^2 = \frac{3}{2}v_1^2$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2q \cdot v_1^2}{1,6\gamma}} =$$

Ответ: $T = \frac{4,6d}{v_1}$; $U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$; $v_0 = \frac{3}{2}v_1$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$E = 3\text{В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6}\text{Ф}$$

$$U_1 = 6\text{В}$$

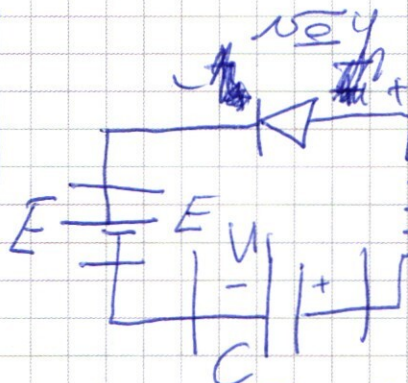
$$L = 0,2\text{Гн}$$

$$U_0 = 1\text{В}$$

1) I — ?

2) I_{max} — ?

3) U_2 — ?



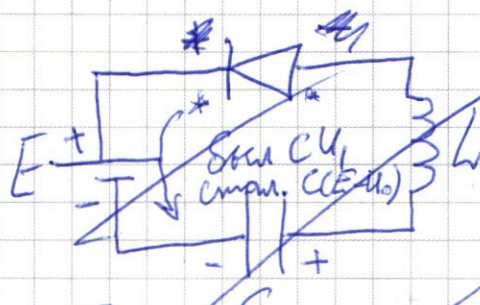
$I = C\dot{U}$ — напряжение на конденсаторе меняется так же как и в катушке. В начальный момент $U_C = U_1$

$U_L = L\dot{I}$ — ток в катушке

так же меняется так же. В начальный момент ток в цепи равен нулю. Тогда и на диоде напряжения нет.

$$L\dot{I} = U_1 - E \quad \dot{I} = \frac{U_1 - E}{L} \quad \dot{I} = \frac{6\text{В} - 3\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$L\dot{I} = U_1 - E + U_0 \quad \dot{I} = \frac{4\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 20 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



$$I = I_{\text{max}} \quad U_L = 0$$

$$U_C + U_L + U_D = E$$

$$\frac{q}{C} + L\ddot{q} + U_D = E$$

$$q = (E - U_D)C$$

диод открыт

$$q = (E - U_D)C$$

Предположим, что I_{max} диод открыт

$$A_{\text{и}} = \Delta W_L + \Delta W_C \quad A_{\text{и}} = -E(CU_1 - CE + CU_0)$$

$$-CE(U_1 - E + U_0) = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$LI_{\text{max}}^2 = CU_1^2 - CE^2 + 2CEU_0 - CU_0^2 - 2CEU_1 + 2CE^2 - 2CEU_0$$

$$LI_{\text{max}}^2 = CU_1^2 - 2CEU_1 + CE^2 - CU_0^2 = C((U_1 - E)^2 - U_0^2)$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L}((U_1 - E)^2 - U_0^2)} \quad I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}\text{Ф}}{0,2\text{Гн}}(9\text{В}^2 - 1\text{В}^2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{5F}{2}}{\frac{5F}{3}} = \frac{3}{2} \quad \Gamma = \frac{R}{z} \quad R = \frac{8}{2} \cdot \frac{8^4}{15^4} = \frac{4}{5} F$$

$$U \cos \alpha = \Gamma^2 \cdot 2\sigma = \frac{9}{4} \cdot 2\sigma = \frac{9}{2} \sigma$$

$$\tan \alpha = \frac{R+z}{f} = \frac{\frac{8}{15} F + \frac{4}{5} F}{\frac{5F}{2}} = \frac{\frac{20F}{15} + \frac{16F}{15}}{\frac{5F}{2}} = \frac{\frac{36F}{15}}{\frac{5F}{2}} = \frac{24}{25}$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{15} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$U = \frac{3}{2} \sigma \cdot \frac{17}{15} = \frac{17 \cdot 3\sigma}{10} = 5,1\sigma$$

Ответ: $f = \frac{5F}{2}$; $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; $U = 5,1\sigma$.

Дано:

$$\sigma = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

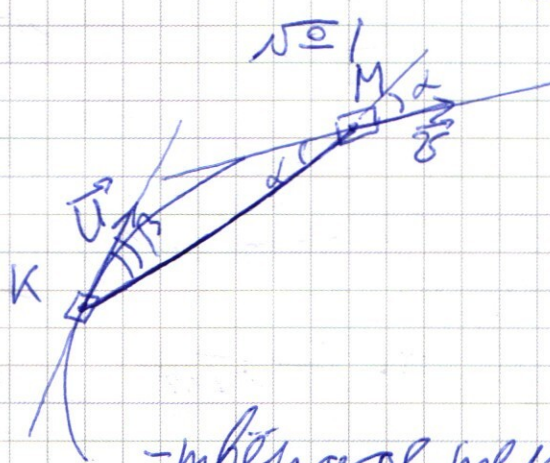
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = \frac{8}{15} F$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$



Кольцо движется по окружности, его скорость направлена по касательной к ней. Стержень — твердое тело, проекции скоростей муфты и кольца на него равны.

1) U — ?

2) U_0 — ?

3) T — ?

— твердое тело, проекции скоростей муфты и кольца на него равны.

$$\sigma \cos \alpha = U \cos \beta$$

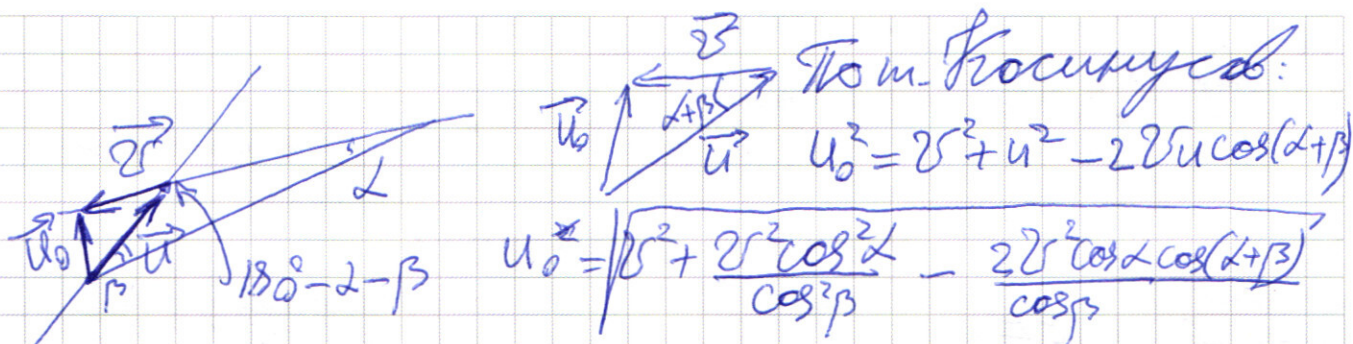
$$\vec{U} = \vec{U}_0 + \vec{\sigma}$$

$$\vec{U}_0 = \vec{U} - \vec{\sigma}$$

$$U = \sigma \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

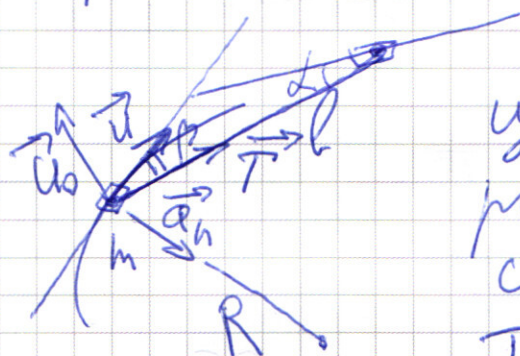
$$U = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{17}{8}$$

$$U = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



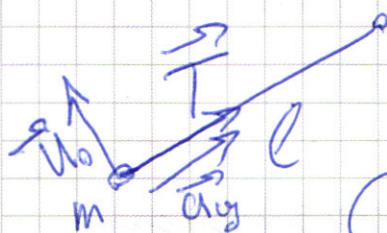
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = -\frac{60 - 24}{85} = -\frac{36}{85}$$

$$u_0 = \sqrt{0,16 \frac{m^2}{c^2} + 0,2601 \frac{m^2}{c^2} + 0,408 \frac{m^2}{c^2} \cdot \frac{36}{85}} \approx \sqrt{0,16 \frac{m^2}{c^2} + 0,2601 \frac{m^2}{c^2} + 0,173 \frac{m^2}{c^2}} = \sqrt{0,5931} \frac{m}{c} \approx 77 \frac{cm}{c}$$



Относительно муфты как-то движется по окружности радиусом R с отн. скоростью.

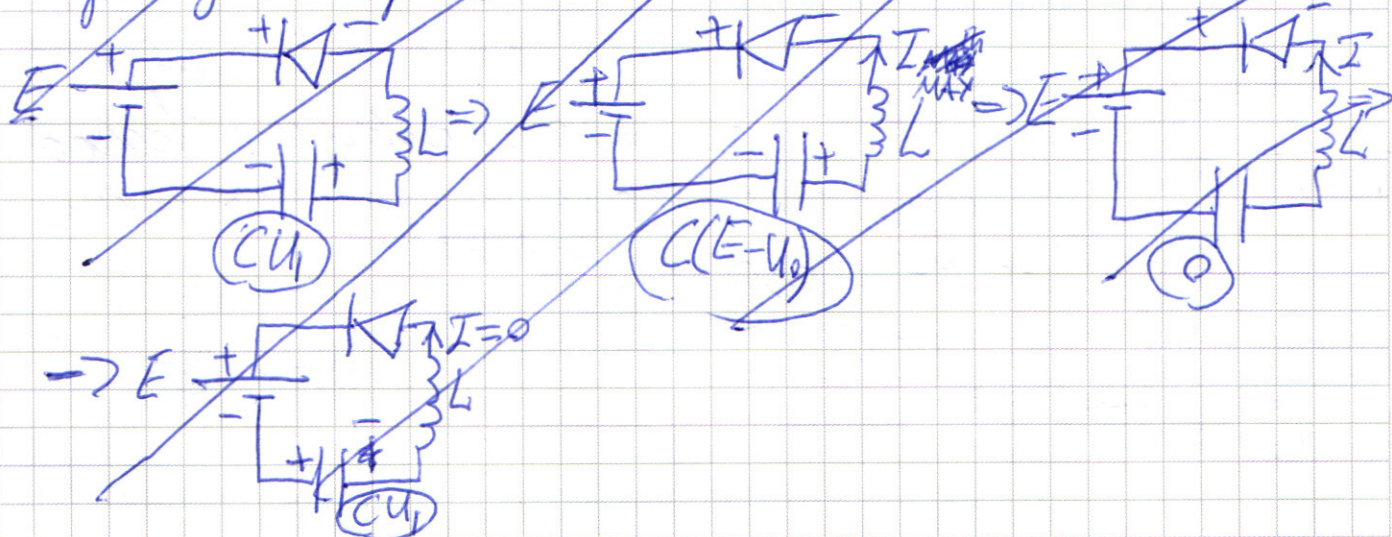
$$T = m a_{\text{ц}} = \frac{m u_0^2}{R} = \frac{m \cdot 15}{17R} \cdot u_0^2$$



$$T = 1 \text{ кг} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{0,5931 \frac{m^2}{c^2}}{1,7 \text{ м}} \approx 38 \text{ мН}$$

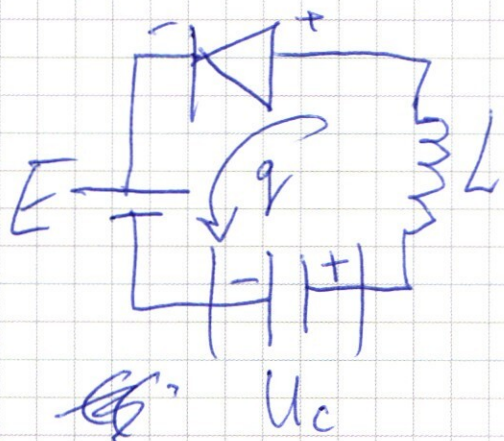
Ответ: $u = 51 \frac{cm}{c}$; $u_0 = 77 \frac{cm}{c}$; $T = 38 \text{ мН}$

~~переходные процессы~~ $\alpha = 4$ (продолжение)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4 (продолжение)



$$I = I_{\max} \quad L \dot{I} = 0$$

$$U_0 + E = U_C$$

$$U_C = U_1$$

$$\text{Батарея} - C U_1$$

$$\text{Стало} - C(U_0 + E)$$

$$q = C(U_1 - U_0 - E) \quad \text{ЗСЭ: } A_u = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$A_u = -E q = -CE(U_1 - U_0 - E)$$

$$-CE(U_1 - U_0 - E) = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C(U_0 + E)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$-2CE(U_1 - U_0 - E) + 2CE^2 = L I_{\max}^2 + C U_0^2 + CE^2 + 2CEU_0 - C U_1^2$$

$$L I_{\max}^2 = C U_1^2 - 2CEU_0 + 2CE^2 - C U_0^2$$

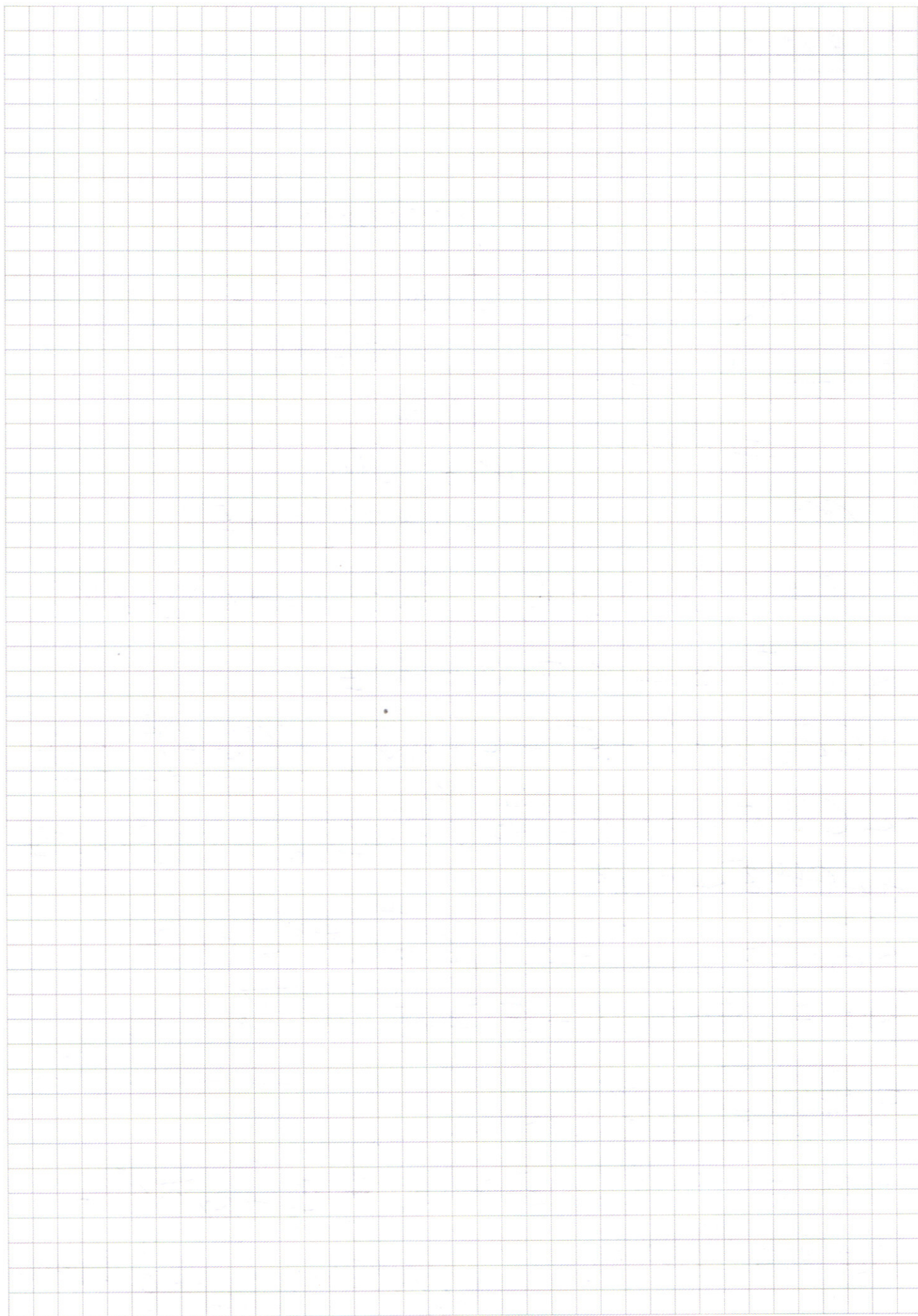
$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_1 - E)^2 - U_0^2)} = \sqrt{\frac{C}{L} (9B^2 - 12)}$$

$$= \frac{20 \cdot 10^6}{0,2 \sqrt{4}} \sqrt{9B^2 - 12}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_1 - E)^2 - U_0^2)} \approx 28 \text{ mA}$$

$$U_2 = U_C = U_0 + E = 5B$$

Ответ: $I = 20 \frac{\text{A}}{\text{C}}; I_{\max} = 28 \text{ mA}$
 $U_2 = 5B$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E = 3\text{В}$
 $C = 20\text{мкФ}$
 $U_1 = 6\text{В}$
 $L = 0,2\text{Гн}$
 $U_0 = 1\text{В}$

нат. момент $\sqrt{E} \cdot U$

$I = 0 \quad U_C = U_1$

$U_D = \varphi_A - \varphi_B$

$E = E - U_0$

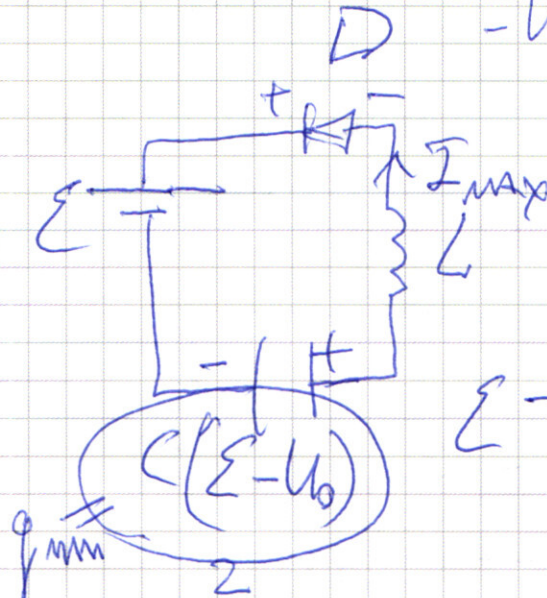
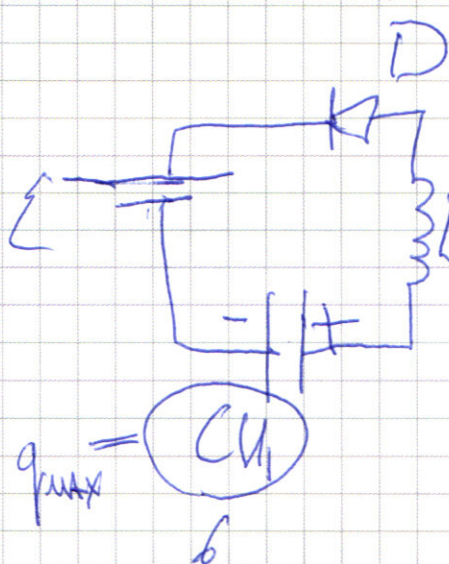
1) $I - ?$
 2) $I_{\text{max}} - ?$
 3) $U_2 - ?$

$U_C - E + U_D + L \ddot{q} = 0$
 ~~$EC(U_1 - E + U_0) = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$~~
 $L I_{\text{max}}^2 = -2ECU_1 + 2E^2C - 2ECU_0 - CE^2 - CU_0^2 + CU_1^2 + 2CEU_0$
 $L I_{\text{max}}^2 = C(E^2 - 2EU_1 + U_1^2) - CU_0^2 =$
 $= C((E - U_1)^2 - U_0^2)$

$\begin{matrix} 2,8 & 8 \end{matrix}$

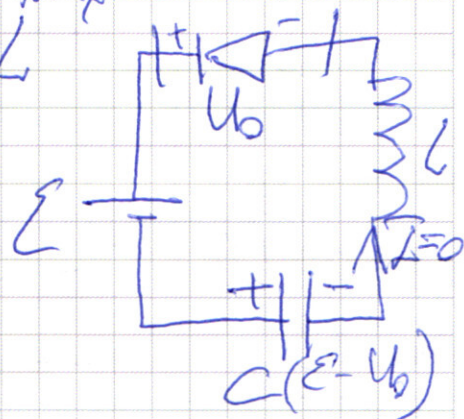
$I_{\text{max}}^2 = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{208 \cdot 10^{-32}}$
 $I_{\text{max}} = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2}$

$$U = \frac{\mu^2 m}{c^2 km} = \frac{Qm}{km} gq.$$



$$-U_0 + \varepsilon \mp U = 0$$

$$U \in U_0 - \varepsilon$$



$$U_0 = \varepsilon - U$$

$$\varepsilon - U_0 = U_c + L \ddot{q}$$

$$-U_0 + \varepsilon \pm U = 0$$

$$\ddot{q} = 0$$

$$\varepsilon - U_c + L \ddot{q} + U_0 = \varepsilon$$

$$U_0 = \varepsilon - U_c$$

$$U_0 - \varepsilon = U$$

$$\varepsilon - U_0 = U$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

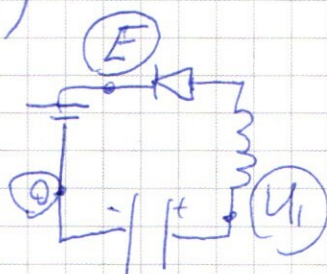
$$\frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)} \left(\frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{4\left(\frac{V_2}{V_1} + 1\right)} \right)^2 = \frac{1}{4} \frac{\frac{V_2}{V_1} + 1 - \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right)}{\frac{V_2}{V_1} + 1} = 0$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2) + \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) \left(\frac{V_2}{V_1} + 1 \right)^2$$

$$\gamma = \frac{\frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) - \alpha V_1 (V_2 - V_1)}{2 \alpha (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{\frac{V_1 + V_2}{2} - V_1}{2(V_1 + V_2)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_1 + V_2)}$$

$$U_d + U_k =$$

$$\frac{3}{\frac{1}{5}}$$



$$U_d + U_k =$$

$$2,8$$

$$\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{2,8 \cdot 10^{-2} \cdot 9,2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-4} \cdot 8}{0,2} = 2 \sqrt{2} \cdot 10^{-2}$$

$$\ln a = \frac{0}{268} - \frac{0}{268}$$

$$0,4 \cdot \frac{51}{40} = 0,51$$

$$4 \cdot \frac{51}{400} = 0,51$$

$$u = \frac{25 \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$\begin{array}{r} 51 \cdot 4 \\ \times 0,408 \\ \hline 204 \\ + 2040 \\ \hline 14680 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14,68 \\ \times 3 \\ \hline 44,04 \\ + 440,4 \\ \hline 595,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,8 \\ \times 0,51 \\ \hline 0,408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,17 \\ \times 0,51 \\ \hline 0,5957 \\ + 0,5957 \\ \hline 1,1914 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,16 \\ + 0,2601 \\ \hline 0,4201 \\ + 0,173 \\ \hline 0,5931 \end{array}$$

$$5931$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 25 \\ \hline 175 \\ + 375 \\ \hline 875 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 76 \\ \hline 18 \\ + 456 \\ \hline 532 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 13 \\ \hline 120 \\ + 539 \\ \hline 539 \end{array}$$

$$\frac{5931 \cdot 15}{17 \cdot 17} \cdot 10^{-9}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 289 \\ \hline 178 \\ + 5780 \\ \hline 6358 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 29655 \\ + 5931 \\ \hline 35586 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 88965 \\ - 867 \\ \hline 88098 \end{array}$$

$$A = qEd$$

$$W = \frac{V \epsilon_0 E^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 239 \\ \times 9 \\ \hline 2151 \end{array}$$

$$\frac{V_2}{V_1} - 1 = \frac{4(V_2/V_1 + 1)}{4(V_2/V_1 + 1)}$$

$$x = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\left(\frac{x-1}{1(x+1)} \right)^2 = \frac{4(x+1)}{4(x+1)}$$

$$x+1 = \infty$$

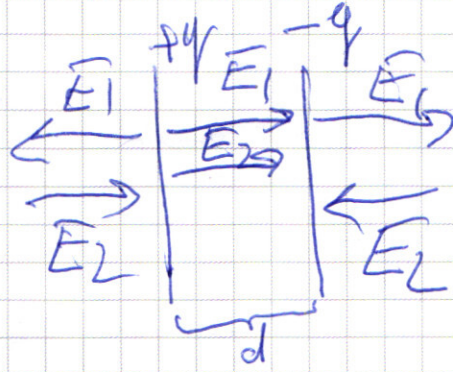
$$\boxed{3 \text{ и } 4}$$

$$= \frac{1}{4} \frac{x+1 - x+1}{(x+1)^2} = 0$$

$$\frac{V_2}{V_1} + 1 = \infty$$

$$W_I = W_H + \infty^3 \epsilon_0$$

$$E_H = \frac{kq}{x}$$



$$A = qU \quad A = qEd$$

$$U = dE$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{2q}{m} U = v_1^2 + 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{25^2}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\frac{1,8 \cdot 10^2}{0,8} = \frac{2 \cdot 25^2}{4}$$